

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 308 611  
A1

(12)

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88111642.0

(51) Int. Cl. 4: H02N 11/00

(22) Anmeldetag: 20.07.88

(30) Priorität: 25.09.87 DE 3732312  
05.01.88 DE 3800098  
06.05.88 DE 3815500

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
29.03.89 Patentblatt 89/13

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(71) Anmelder: Stephan, Hans-Wilhelm  
Reiche Gasse 8  
D-8886 Wittislingen(DE)

Anmelder: Munk, Heinz  
Ulrichstrasse 18  
D-8881 Haunsheim(DE)

(72) Erfinder: Stephan, Hans-Wilhelm  
Reiche Gasse 8  
D-8886 Wittislingen(DE)  
Erfinder: Munk, Heinz  
Ulrichstrasse 18  
D-8881 Haunsheim(DE)

(54) "Magnetokalorische monostabile- und bistabile- Induktoren," zur Erzeugung elektrischer Energie- und zur Kälte-Erzeugung.

(57) Gegenstand der Erfindung sind Magnetkreise mit integrierten metamagnetischen Plättchen, Permanentmagneten, Dynamoblechkernen und Spulen, die sich in ihrer Funktionsweise ähnlich den elektronischen Analogiesystemen Monoflop und Flip-Flop verhalten.

In der Figur 10 b ist ein magnetisches Monoflop dargestellt. Seine magnetischen physikalischen Schaltelemente sind monokristalline metamagnetische Plättchen 5, welche zwischen den Dynamoblech-Polschuhen PO des Permanentmagneten N-S und dem Jochblechkern 6 mit Induktionsspule 8 angeordnet sind.

Jeder Steuerstrom-Impuls durch Spule 7 löst elektromagnetisch einen Magnetisierungssprung in den metamagnetischen Plättchen 5 aus, wegen Überschreitung ihrer kritischen Schwellfeldstärke, dabei schalten sie vom statisch bevorzugten antiferro- in den ferro- magnetischen Zustand um und nach Ausklingen des Steuerimpulses- zurück, wobei der Jochkern 6 auf- und wieder ent- magnetisiert wird!

Die elektrische Leistungsabgabe der Induktionsspule 8 übersteigt während der Entmagnetisierung ihres viel grösseren Jochkernes 6, die Steuerimpuls- Leistung für den viel kleineren Steuerkern 3 erheblich,

deshalb tritt ein magnetokalorisches, die Plättchen 5 abkühlendes Energiedefizit auf, das thermisch ausgeglichen werden muß! Die Diode D verhindert ein Induktionsspule 8 Gegenfeld während der Aufmagnetisierung des Jochkernes 6 und der Kern SK kompensiert den Antiferromagnetischen Feldübertritt.

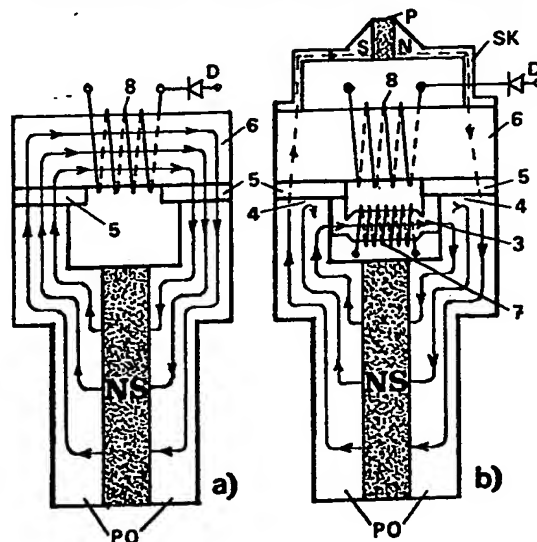


FIG.10 a-b

## Magnetokalorische monostabile- und bistabile Induktoren zur Erzeugung elektrischer Energie- und zur Kälte -Erzeugung.

Der magnetokalorische Effekt, oder seine Umkehr, wurde bisher nur zur Erreichung sehr tiefer Temperaturen nahe des absoluten Nullpunktes genutzt.

Die magnetokalorische Energiewandlung eröffnet phantastische Möglichkeiten, wenn man bedenkt, daß sie den allgegenwärtigen Brennstoff, nämlich die Umweltwärme von Luft, Wasser und Boden bis hinab zu Wärmevorkommen von Polarregionen, also bis minus 100° C noch zu elektrischer Energie verwerten, oder umwandeln kann - und dies rund um die Uhr "dauer verfügbar" !

Allerdings ist eine derartige Niedertemperatur-Umwandlung nur mit Hilfe von Stoffen, welche außergewöhnliche magnetische und kalorische Eigenschaften aufweisen, in besonderen Magnetkreisen möglich!

Bei der vorliegenden Erfindung wird die physikalische Eigenschaft, insbesondere einkristalliner metamagnetischer Stoffe ausgenutzt, plötzlich sprunghaft beim Überschreiten ihrer kritischen Schwellfeldstärke ferromagnetisch leitend zu werden - und beim geringfügigen Unterschreiten dieser kritischen Feldstärke - Schwelle, ebenso plötzlich in ihren antiferromagnetischen Zustand zurück zu springen, sie sind deshalb "ideale magnetische Schalter" !

Begleitet und verbunden sind diese magnetischen Zustandsänderungen, oder Phasenübergänge der metamagnetischen Stoffe von ausgeprägtem magnetokalorischem Effekt. Literaturquellen:

Zeitschrift für angewandte Physik, April 1962, Heft 4 Prof. Eckhart Vogt, Phys.-Institut Universität Marburg "Metamagnetismus".

Fiz. Tverd. Tela (Leningrad) 21, 2808-2810 (Sept.1979) S.A. Nikitin, A.S. Andreenko and V.A. Pronin. "Magnetocaloric effect and magnetic phase transitions in a dysprosium single crystal".

Der Erfindung lag die Idee zugrunde, einen effektiven physikalischen magnetischen Schalter, für eine Magnetkreisanordnung zu finden, welcher - so wie ein Thyristor oder Transistor als Schalter in einem Gleichstromkreis, einen sehr großen Unterschied zwischen steuernd schaltender und weit größerer geschalteter elektrischer Energie aufweist, - in magnetisch analoger Weise, durch sehr viel kleinere elektromagnetische Steuerenergie, eine weit größere magnetische Energie zu schalten vermag, die dann induktiv in Form elektrischer Energie aus dem Magnetkreis ausgekoppelt werden kann und das dadurch in dem im Magnetkreis angeordneten Metamagnetikum entstehende magnetokalorische Energiedefizit, durch Zufuhr von Niedertemperatur-Wärme, auszugleichen.

Es wurde bisher kein brauchbarer Weg gefun-

den, Niedertemperatur - Wärme direkt oder indirekt in höherwertige elektrische Energie umzuwandeln, denn nur die "mechanische Umwandlung" ist nach dem 2. Hauptsatz der Wärmelehre nicht möglich !

Mit vorliegender Erfindung zeichnet sich eine gangbare Möglichkeit ab, die Niedertemperatur-Umwandlung zu realisieren, weil sehr geringe elektromagnetische Steuerfelder und Flüsse, für die physikalisch - magnetischen Schaltvorgänge im Umwandlungsbereich der kritischen Schwellfeldstärke von Metamagnetika ausreichen, - um mehrfach größere magnetische Felder und Flüsse eines Magnetkreises ein- und aus- zu schalten, wodurch in den Induktionsspulen der metamagnetisch abgeschalteten Magnetkreiskerne, im Vergleich zur Steuerleistung, eine mehrfach höhere elektrische Leistung induziert wird, die sich magnetokalorisch abkühlend auf das Metamagnetikum auswirkt !

Die Figuren 1a und 1b zeigen schematisch erfindungsgemäße bistabile - Induktoren, "magnetische Flip-Flops", mit Feldlinienverlauf und antiferromagnetischer Streufluß -Kompensation.

Die Figuren 2a und 2b zeigen schematisch erfindungsgemäße bistabile - Induktoren, mit Feld- und Flußverdichtungs -Kernteilen, Feldlinienverlauf und antiferromagnetischer Streufluß-Kompensation.

In der Figur 3 wird die Magnetisierungskurve der metamagnetischen polykristallinen Mangan - Goldlegierung Mn-Au<sub>2</sub> gezeigt, während die Figur 4 die Magnetisierungskurven von einkristallinem Dysprosium, einem Selten - Erdmetall, darstellt.

Die Figur 5 zeigt perspektivisch ein technisches Ausführungsbeispiel der Erfindung nach Figur 1 a und die Figur 6 ein Verbindungsteil für die Figur 5.

Die Figur 7 a-b-c zeigt in starker Vergrößerung erfindungsgemäße metamagnetische Plättchen-Ausführungen. Die Figur 8 zeigt ein einzelnes Jochkern - Dynamoblech. In Figur 9 wird der Kreislauf flüssiger oder gasförmiger Medien, durch die metamagnetischen, in die Magnetkreise eingefügten Plättchenlamellen, einer größeren Anzahl magnetokalorischer bistabiler Induktoren, in Verbindung mit Wärmetauscher und Kreislaufpumpe gezeigt. Die Figur 10 a-b zeigt erfindungsgemäße monostabile Induktoren in Eintakt- und Figur 11 in Gegentakt-Ausführung.

Die Figuren 1a und 1b zeigen schematisch je zwei spiegelbildlich gleiche Magnetkreise, mit Permanentmagneten N-S, Polschuhen Po aus Dynamoblech, metamagnetischen Plättchen 5, 5', Dynamoblech - Jochkerne 6, 6' mit Induktionsspulen 8, 8' und Streufluß - Kompensationskernen SK mit kleinen Permanentmagneten P.

Die beiden Magnetkreise sind in Figur 1a nur durch

einen Steuerkern 3 mit Steuerspule 7, mit je einem magnetisch gleichnamigen Magnetpolschuh Po einerseits und auf der anderen Polseite, durch einen Rückschlußkern 9 miteinander verbunden.

In Figure 1b dagegen sind die beiden Magnetkreise nur durch zwei Steuerkerne 3, mit jeweils magnetisch gleichnamigen Polschuhen Po miteinander verbunden, natürlich mit je einer Steuerspule 7, gewickelt auf die Kerne 3. Der Kernquerschnitt im Abschnitt 4 der Polschuhe Po, entspricht der Addition des Polschuhquerschnitts in seinem Abschnitt 2, mit dem Steuerkernquerschnitt 3, dadurch wird erreicht, daß ohne zusätzlichen magnetischen Fluß durch den Steuerkern 3, die Feldstärke jedes Permanentmagneten N-S in seinem eigenen Kernabschnitt 4 seines Magnetkreises, zur Überwindung der metamagnetischen kritischen Schwell- oder Schaltfeldstärke- Barriere seiner Plättchenstapel 5, 5', gerade noch nicht ausreicht.

Wird nun ein Stromstoß in Figur 1a durch die Steuerspule 7 geleitet und damit der Steuerkern 3 zum Elektromagneten, so wird die Feldstärke je nach Stromrichtung, in einem der beiden Polschuhabschnitte 4 über die kritische Schwell- oder Schaltfeldstärke der angrenzenden Plättchenstapel 5, 5' hinaus erhöht, die Plättchen 5 oder 5' dadurch ferromagnetisch leitend und der zugehörige Jochkern 6 oder 6' aufmagnetisiert.

Durch die Diode D wird sichergestellt, daß während dieser Aufmagnetisierung eines Jochkernes 6 oder 6', kein den metamagnetischen Schaltvorgang verhindernder Induktionsstrom in Spule 8 oder 8' fließen kann, welcher nach der Lenz'schen Regel sonst ein gleichnamiges Gegenfeld dem Aufmagnetisierungsfeld entgegensetzen würde. Die Aufgabe der Diode D kann auch ein Thyristor übernehmen, welcher mit den Rückflanken der Steuerimpulse gezündet werden kann.

Ein Stromstoß mit entgegengesetzter Stromrichtung in Steuerspule 7 bewirkt nun, daß die Schwell- oder Schaltfeldstärke der eben noch ferromagnetisch leitenden metamagnetischen Plättchen 5 oder 5' unterschritten und gleichzeitig bei den gegenüberliegenden Plättchen 5' oder 5 des anderen Magnetkreises, überschritten wird. Somit wird der andere Jochkern 6' oder 6 aufmagnetisiert, der metamagnetisch abgeschaltete Jochkern 6 oder 6' aber entmagnetisiert.

Jeder dem vorhergehenden in seiner Richtung entgegengesetzte Stromimpuls in der, oder den Spulen 7 der Figuren 1a und 1b, kippt also die beiden Jochkerne 6 und 6' der Magnetkreise, in entgegengesetzte magnetische Zustände um. Es sind also bistabile magnetische Systeme, in der elektronischen Analogie - "Flip-Flops" !

Da für die kurzen Schaltstrom - Impulse durch Steuerspulen 7, mit im Kernquerschnitt gegenüber den Jochkernen 6 6' wesentlich kleineren Steuer-

kernen 3, viel weniger elektrische Leistung benötigt wird, als über die Dioden D, oder gezündete Thyristoren, aus den Induktionsspulen 8, 8' während den Entmagnetisierungsphasen der Jochkerne 6, 6' ausgekoppelt werden kann, entsteht in den metamagnetischen Plättchen 5, 5', welche die Unterbrechung des starken magnetischen Flusses bewirken, ein magnetokalorischer Energiemangel, welcher der aus den Jochkernen 6, 6' entzogenen elektrischen Induktionsenergiemenge entspricht.

Die metamagnetischen Plättchen 5, 5' erfahren eine dementsprechende Abkühlung, welcher, um ein Abtriften der kritischen Feldstärke- Schwelle zu niedrigeren Werten hin zu verhindern, durch äquivalente Wärmezufuhr entgegengewirkt werden muß !

Die im antiferromagnetischen Schaltzustand der Plättchen 5, 5' auftretenden, schädlichen magnetischen Streuflüsse, werden durch die Streufluß-Kompensationskerne SK kompensiert, um eine Vormagnetisierung und mangelhafte Entmagnetisierung der Jochkerne 6, 6', zu verhindern.

Die Streufluß-Kompensationskerne SK sind im Querschnitt so ausgelegt, daß sie bereits mit dem Streufluß magnetisch gesättigt sind, damit der Magnetisierungssprung bei der Aufmagnetisierung, voll den Jochkernen 6, 6' zu gute kommt. Die Streufluß-Kompensationskerne SK können auch aus massivem Weicheisen, wegen ihres konstanten magnetischen Flusses, bestehen.

Die Figur 2a und 2b entspricht in der Funktionsweise genau den Figuren 1a und 1b, nur mit dem Unterschied, daß bei Verwendung von Permanentmagneten N-S geringer Flußdichte, die Dynamoblech-Polschuhe Po 1 und Po 1' sich von den Magnetpolflächen aus, zu den Kernabschnitten 2 hin, feldverdichtend verzüngen !

Die Figur 3 zeigt die Magnetisierungskurve bei Temperaturen zwischen 20°C - 40°C, der polykristallinen metamagnetischen Mangan - Gold Legierung Mn-Au<sub>2</sub>, welche wegen ihrer regellosen Kristallit - Orientierung einen zu flachen Magnetisierungs- Anstieg nach Überschreitung der kritischen Schwellfeldstärke aufweist.

Man müßte deshalb für die erfindungsgemäße Anwendung Einkristalle dieser Legierung herstellen und wenn dies nicht möglich sein sollte, könnte eine Zerkleinerung der natürlichen polykristallinen Legierung und Ausrichtung der entstehenden kleinen Einkriställchen im Magnetfeld, mit anschließendem Pressen und Sintern, Abhilfe schaffen !

Die Figur 4 zeigt die Magnetisierungskurven bei verschiedenen Umwandlungs- Temperaturen und zugehörigen kritischen Schwellfeldstärken, des metamagnetischen Selten -Erdmetalles Dysprosium. Diese idealen Magnetisierungskurven von nahezu senkrechter Steilheit, wurden an einem gezüchteten Dysprosium - Einkristall gemessen.

Obwohl nur bei relativ tiefen Temperaturen meta-

magnetisch dürfte dieses gar nicht so rare Metall wegen seiner hohen Magnetisierungswerte im ferromagnetischen Zustand und noch günstigen Preises, für die Plättchen 5, 5' der Erfindung, das bevorzugte Material sein.

Die tiefe Funktionstemperatur des Dysprosiums ist auch deshalb kein Nachteil, weil die Induktoren selbst Hochleistungs - Kühlaggregate sind, solange ihnen elektrische Leistung abverlangt wird, sie halten von sich aus ihre tiefe Arbeitstemperatur aufrecht, es muß im Gegenteil über Wärmetauscher ihrem Kreislaufmedium eine ausreichende Wärmemenge zugeführt werden.

Nur zum "Starten muß ihr flüssiger oder gasförmiger Medienkreislauf, einmal auf die Funktionstemperatur des Dysprosiums fremdgekühlt werden !

Es kann also mit den erfindungsgemäßen magnetokalorischen Induktoren, gleichzeitig elektrische Energie und Kälte erzeugt werden.

Die Figur 5 zeigt ein technisches Ausführungsbeispiel der Erfindung nach Figur 1a in perspektivischer Ansicht, hierbei sind sowohl in den Jochkernen 6, 6', wie auch in den Polschuhen Po und Rückschlußkernen 9, Befestigungsbohrungen B vorgesehen.

In Pfeilrichtung L können die Magnetkreise relativ lang ausgeführt werden.

Die Figur 6 zeigt ein Verbindungsteil perspektivisch für die Figur 5, aus Pertinax, Aluminium oder anderen nicht magnetisierbaren Stoffen, ebenfalls mit Bohrungen B, deckungsgleich mit den Bohrungen B der Figur 5, um die Magnetkreisteile mit Gewindestangen wie auch bei Transformatoren üblich unverrückbar miteinander verbinden zu können. Bei langen stangenförmigen Ausführungen der Figur 5, müssen wiederholt solche Verbindungsteile zur Erhaltung der mechanischen Stabilität und der genauen Abstände der Magnetkreis- Einzelteile, zwischendurch eingefügt werden.

Da die Magnetkreise an ihren den Plättchen 5, 5' zugewandten Polschuh- und Rückschlußkern-Enden, selbst bei Verwendung von stärksten Samarium-Kobalt-Magneten, keine beliebig hohe Feldstärke erzeugen können und die an den Plättchen 5, 5' zustande kommende Feldstärke, von der Breite dieser Plättchen 5, 5', die den Abstand zu Jochkernen 6, 6' bildet, abhängig ist, - muß aus diesen Gründen die Plättchenbreite im Bereich des noch von den Magnetkreisen-, mit Hilfe des Steuerkernflusses überschreitbaren, Schwell- oder Schaltfeldstärke- Wertes bleiben.

Diese Breite der Plättchen 5, 5' ist also aus physikalischen Gründen, egal wie groß die Magnetkreise ausgeführt werden, ein unveränderbares Maß, bei gleichem metamagnetischem Grundstoff! Aus diesem Grunde ist es nachteilig, besonders große Magnetkreise herzustellen, weil in diesem Fall sämtliche Magnetkreisteile zweidimensional

zunehmen, während die Plättchen 5, 5' aber, wegen der unveränderbaren Breite, nur eindimensional vergrößert werden können.

Umgekehrt ist es sinnvoller, die Magnetkreise zu verkleinern, weil die Plättchen 5, 5'- Breite gleichbleibt und nur ihre Höhe abnimmt, die anderen Teile mit Ausnahme der Ausdehnung in Pfeilrichtung L der Figur 5, aber in ihrer Flächenausdehnung im Quadrat abnehmen. Das Größenverhältnis flächenmäßig betrachtet, insbesondere von Jochkern- zu Plättchen- Flächen, verändert sich somit bei Verkleinerung der Magnetkreisteile, zu Gunsten der Plättchen 5, 5'- Flächen !

Das ist eine "wichtige Tatsache, den was nützt ein großer Jochkern 6, 6', wenn die im Verhältnis zu ihm zu kleinen Plättchen 5, 5' und damit auch zu kleiner Plättchenoberflächen, mit ihrer Wärmeaufnahme-fähigkeit, nicht mit der möglichen großen elektrischen Energieauskopplung der zu großen Jochkerne 6, 6' !, Schritt halten können ! Bei einer gleitend-fortgesetzten zweidimensionalen und aber bei Plättchen 5, 5' nur "eindimensionaler Verkleinerung der stirnseitigen Flächenmaße der Magnetkreise, wird also sehr bald die Größenordnung erreicht, bei der die mögliche elektrische Leistungsabgabe, mit der Wärmemengen- Aufnahme-fähigkeit der Plättchen 5, 5'- Oberflächen, im energetischen Gleichgewicht ist.

Dieses energetische Gleichgewicht wird natürlich umso früher erreicht, je mehr sich die Plättchenoberflächen, bei gleichbleibender Breite der Plättchen 5, 5', künstlich vergrößern lassen.

Die Figur 7 a-b-c zeigt in vergrößertem Maßstab, solche erfindungsgemäße Oberflächenvergrößerungs-Möglichkeiten der metamagnetischen Plättchen 5, 5', auf.

Während die Figur 7a perspektivisch und in der Höhe gekürzt, ein normales Plättchen 5 mit der kleinsten Oberfläche darstellt, welches mit anderen gleichgestalteten Plättchen 5 aneinandergereiht, schmale Schlitzte zum Mediendurchtritt freiläßt, ist in Figur 7b ein Plättchen 5 in der Flächendraufsicht und im Schnitt A-B zu sehen, auf dessen Oberfläche streifenförmig durch Aufdampfen, galvanisch, oder mit anderen geeigneten Verfahren, beidseitig, gut wärmeleitende schmale Kupfer-, oder Silber-Rippen R, zur Vergrößerung der Oberflächen aufgetragen sind, oder in ein dickeres metamagnetisches Plättchen 5, solche Rippen R durch streifenförmiges Ätzen, oder mit anderen geeigneten Materialabtragungs- Verfahren hergestellt werden. Zur Isolierung können die stirnseitigen Oberflächen der Rippen R mit einer Oxyd Ox, oder Lackschicht versehen sein. Die Plättchen 5 können außerdem aufgelötete Haltestäbchen H, welche über die Plättchen-Breite hinausragen, oder auch keine solche, aufweisen. In Figur 7c sind stirnseitig betrachtet, aneinander gereihte Plättchen 5, mit der größ-

ten Oberfläche dargestellt, sie entsprechen der Figur 7b, ihre Rippen R sind jedoch mit Ausnahme der seitlichen äußeren Rippen, auf den beiden Flächenseiten so gegeneinander verschoben, daß aneinander gereiht, jede Rippenstirnseite einer Vertiefung gegenüberliegt.

Die Figur 8 zeigt ein einzelnes erfindungsgemäßes Jochkernblech 6, mit geringen Ausnehmungen  $A_u$ , welche dazu dienen, die Plättchen 5, 5' festzuhalten. Gleiche geringe Ausnehmungen gegen ein Abgleiten der Plättchen 5, 5' in das Innere des Magnetkreises, können auch die Polschuh  $P_o$  Stirnseiten im Kernabschnitt 4, aufweisen.

In der Figur 9 wird eine Anordnung von sechs magnetokalorischen Gegentakt-Induktoren nach Figur 1a und Figur 5 gezeigt, welche zu einer nahezu kompletten Anlage zur elektrischen Energie- und Kälte- Erzeugung zusammengefaßt sind.

Eine Kreislaufpumpe KP befördert hierbei das flüssige Kältemittel durch einen Wärmetauscher WT und in den Pfeilrichtungen durch die Schlitze der Plättchen 5, 5' in einem Kreislauf zurück zur Kreislaufpumpe KP. Um einen unerwünschten Wärmedurchtritt durch das Stahlblechgehäuse, in welchem die Induktoren untergebracht sind, zu verhindern, wird das Stahlblechgehäuse aus doppelwandigen Trennwänden TR gebildet und im Zwischenraum evakuiert. Eine Vakuumpumpe wird an den Anschluß Z angeschlossen.

Um die elektrische Energie- und Kälte- Erzeugung anzuwerfen, muß nur zum Start, um das Dysprosium der Plättchen 5, 5' auf seine Funktionstemperatur von etwa  $150^\circ\text{K}$  zu bringen, an die Anschlüsse X und Y eine externe Kältemaschine angeschlossen werden!

Danach genügt es, fortgesetzt elektrische Energie aus den Induktoren auszukoppeln, um nicht nur die tiefe Temperatur der Anlage aufrecht zu erhalten, sondern sogar noch thermische Energie dem Wärmetauscher WT entziehen zu können!

Darüber hinaus könnte auch bei größerem Wärmeverbrauch das Vakuum zwischen den Trennwänden TR, durch das Ventil V, verringert werden.

Wie in Figur 9 weiter erkennbar ist, hat sich durch die zweidimensionale und bei den Plättchen 5 nur eindimensionale zeichnerische Verkleinerung der Magnetkreise, gegenüber den Figuren 1a und 5, das Oberflächenverhältnis zu Gunsten der Plättchen 5 verändert!

Die Figuren 10 a - b zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, einen monostabilen magnetokalorischen Induktor.

Der Magnetkreis in Figur 10 a, bestehend aus Permanentmagnet N-S, Dynamoblech- Polschuhen PO, metamagnetischen Plättchen 5, Jochkern 6 mit Induktions- Spule 8, wird so dimensioniert, daß die auf die Plättchen 5 einwirkende Feldstärke, über ihrem Schwellfeldstärkewert liegt. Die metamagne-

tischen Plättchen 5 werden dadurch in den ferromagnetisch leitenden Zustand durchgeschaltet.

Wird nun in denselben Magnetkreis - wie in Figur 10 b dargestellt, ein kleiner Dynamoblech- Steuerkern 3 mit Spule 7 eingefügt, so wird ein Teil des magnetischen Flusses über diesen Steuerkern 3 kurzgeschlossen, wodurch die Felddichte im Polschuhabschnitt 4 unter den Schwellfeldstärkewert der metamagnetischen Plättchen 5 absinkt und ihren Magnetisierungsrücksprung in den antiferromagnetischen Zustand bewirkt.

Wird nun durch die Steuerspule 7 des Steuerkernes 3 ein Stromstoß geleitet, welcher ein Feld erzeugt das dem kleinen magnetischen Abzweigungsfluß entgegenwirkt und seine Flußrichtung umkehrt, dann steigt die Feldstärke im Polschuhabschnitt 4 wieder auf den ursprünglichen hohen Wert wie bei Figur 10a über die Schwellfeldstärke der Plättchen 5 an, schaltet sie in ihren ferromagnetischen Zustand um und magnetisiert den Jochkern 6 auf.

Auch hier kann die Induktions- Spule 8 während der Aufmagnetisierung des Kernes 6 kein Gegenfeld aufbauen, weil die Diode D diese Stromrichtung sperrt!

Nach Unterbrechung oder Richtungsumkehr des Steuerstromes der Spule 7, wird ein magnetischer Teilfluß wieder über den Steuerkern 3 kurzgeschlossen und die Plättchen 5 schalten in ihren statisch bevorzugten antiferromagnetischen Zustand zurück.

Die Induktions- Spule 8 versucht natürlich entsprechend der Lenz'schen Regel, nach der Aufmagnetisierung ihres Kernes 6, nun den Zustand der magnetischen Sättigung aufrecht zu erhalten, wenn ihr Jochkern 6 sich in Folge des Abschaltvorganges entmagnetisieren will, die Spule 8 kann den Magnetisierungs- Rücksprung der Plättchen 5 in ihren monostabilen bevorzugten antiferromagnetischen Zustand aber nur verzögern, weil ihr Haltefeld, erzeugt durch den Induktionsstrom, letztlich nur durch die sich fortsetzende Feldänderung in Richtung weiterer Entmagnetisierung ihres Kernes 6, gespeist wird.

Es ist ähnlich wie bei seiner Dynamomaschine, je mehr Strom verbraucht wird, desto stärker wird sie gebremst! Dieser durch den Stromverbrauch eines angeschlossenen Verbrauchers gebremste Magnetisierungs- Rücksprung des Metamagnetismus, verzehrt thermische Energie und muß um ein Abtriften des Schwellfeldstärkewertes in Folge der Abkühlung zu verhindern, durch das Kreislaufmedium ausgeglichen werden!

Die Figur 11 zeigt eine Anordnung zweier monostabiler magnetokalorischer Induktoren nach Figur 10 b in Gegentakt- Schaltung.

Die Polschuhe PO dieser monostabilen Induktoren können natürlich auch mit Feldverdichtungs- Kern-

teilen PO 1 nach den Figuren 2 a-b versehen werden, die sich von den Magnetpolflächen ausgehend - zum Kernabschnitt 4, oder bis zum einmündenden Steuerkern 3 hin, im Querschnitt verjüngen.

## Ansprüche

1.) "Magnetokalorische monostabile- und bistabile Induktoren zur Erzeugung elektrischer Energie- und zur Kälteerzeugung, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus ein bis zwei Magnetkreisen mit Permanentmagneten (N-S), Dynamoblech-Polschuhen (PO, PO 1), einkristallinen metamagnetischen Plättchen (5, 5') und Jochkernen (6, 6') mit Induktions-Spulen (8, 8'), ein- bis zwei Steuerkerne (3) mit Steuer-Spulen (7), sowie Strefluß-Kompensationskernen (SK) mit Kompensations-Permanentmagneten (P) bestehen.

2.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der monostabilen Ausführung die Steuerkerne (3) in die Schenkelgabeln der Polschuhe (PO, PO1) möglichst luftspaltlos einmünden, wobei sie zu den ungleichnamigen Magnetpolen magnetisch parallel geschaltet sind und einen kleinen Teil des magnetischen Flußes des Permanentmagneten (N-S) noch vor den metamagnetischen Plättchen-(5) stapeln kurzschließen, solange ihre Steuer-Spulen (7) stromlos bleiben. (Fig. 10 b und 11)

3.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bistabilen Systeme aus zwei spiegelbildlich gleichen, getrennten Magnetkreisen bestehen, welche entweder nur durch einen Steuerkern (3) und einen Rückschlußkern (9), oder durch zwei Steuerkerne (3) so miteinander verbunden sind, daß jeder Steuerkern (3) oder Rückschlußkern (9) nur die jeweils magnetisch gleichnamigen Polschuhe (PO, PO1), oder Pole, von einem Magnetkreis zum anderen Magnetkreis miteinander verbindet und dabei die Steuerkerne (3) nur in die Polschuhabschnitte (4) einmünden dürfen, welche den Plättchen (5, 5') unmittelbar benachbart sind (Fig. 1a-b, 2 a-b und Fig. 5)

4.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ihre metamagnetischen dünnen Plättchen (5, 5') aus gezüchteten Einkristallen der metamagnetischen Selten-Erdmetalle Dysprosium oder Terbium, der Gold-Mangan-Legierung Mn-Au<sub>2</sub> oder beliebigen anderen metamagnetischen Stoffen - mittels Trennschleifen, Sägen oder anderen geeigneten mechanischen Bearbeitungs-Verfahren hergestellt werden.

5.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die metamagnetischen Plättchen (5, 5') zur Vergrößerung ihrer wärmeaufnehmenden Oberflächen, mit beliebigen bekannten Verfahren, - wie Ätzen, Aufdampfen, galvanisch hergestellte Rippen (R) gleichen Materials, oder aus Kupfer- oder Silber- Auftragung bestehen kann und auch beliebige andere Oberflächen vergrößernde Strukturen, wie noppen- oder stachelförmig aufweisen kann. (Fig. 7 a-b - c)

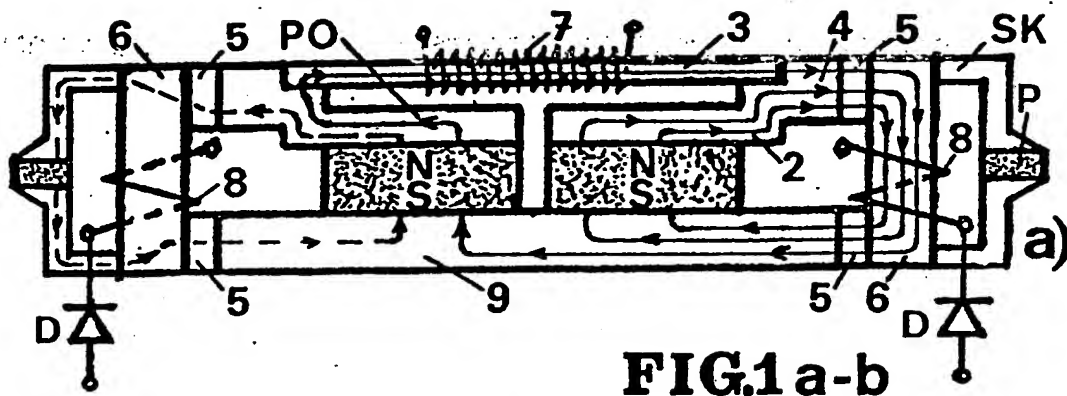
6.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß nur während der Entmagnetisierungs-Phasen oder Zyklen der Jochblechkerne (6, 6') der elektrische Stromkreis ihrer Induktions-Spulen (8, 8') zu einem Verbraucher geschlossen werden darf und darum Dioden (D) oder Thyristoren aufweisen, welche die Induktionsstrom-Richtung der Aufmagnetisierungs-Phasen oder Zyklen von Jochblechkernen (6, 6') ihrer Spulen (8, 8') sperren.

7.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynamoblech-Polschuhe (PO, PO 1) ausgehend von der Polfläche der Permanentmagneten (N-S) sich in Richtung der Einmündung der Steuerkerne (3), zur Erhöhung der Feld- und Fluß-Dichte gegenüber den metamagnetischen Plättchen (5, 5'), verjüngen können. (Fig. 2 a-b)

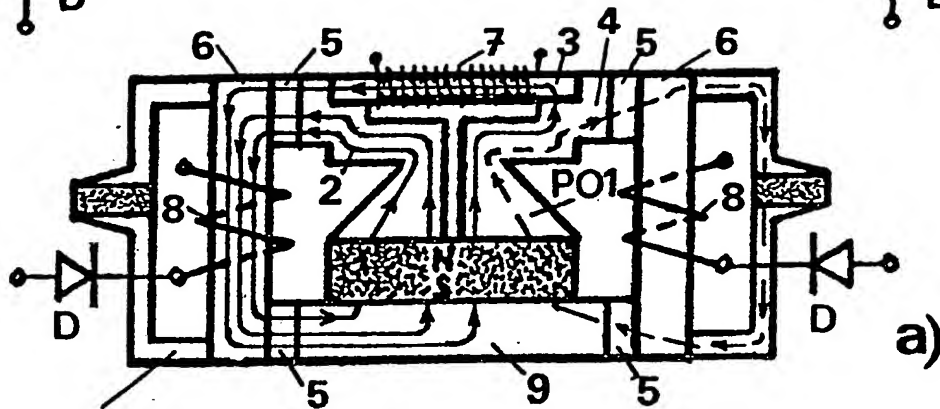
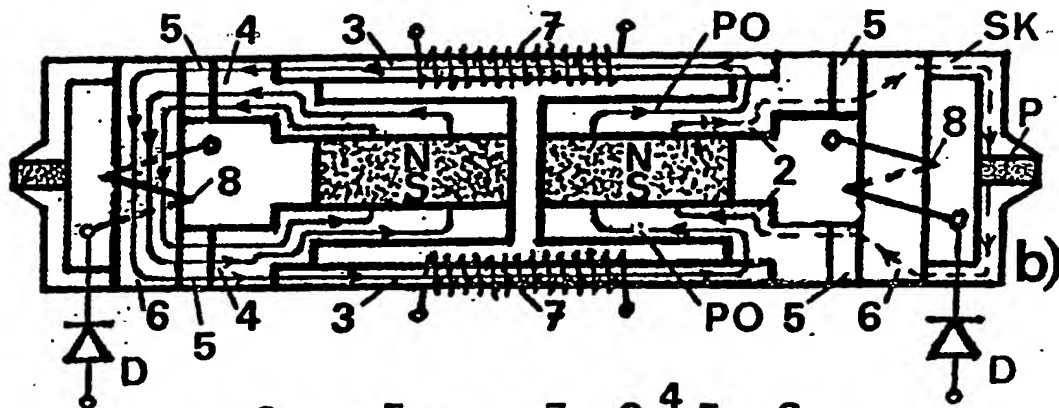
8.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetkreise zur Befestigung ihrer Einzelteile, in Abständen Verbindungsteile (Fig. 6) aus nicht magnetisierbarem Material, mit Bohrungen (B) aufweisen.

9.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Jochkern-(6, 6') Dynamobleche und oder die Polschuhbleche (PO, PO 1) Ausnehmungen (Au, Au') und Bohrungen (B) aufweisen können. (Fig. 8 und 5)

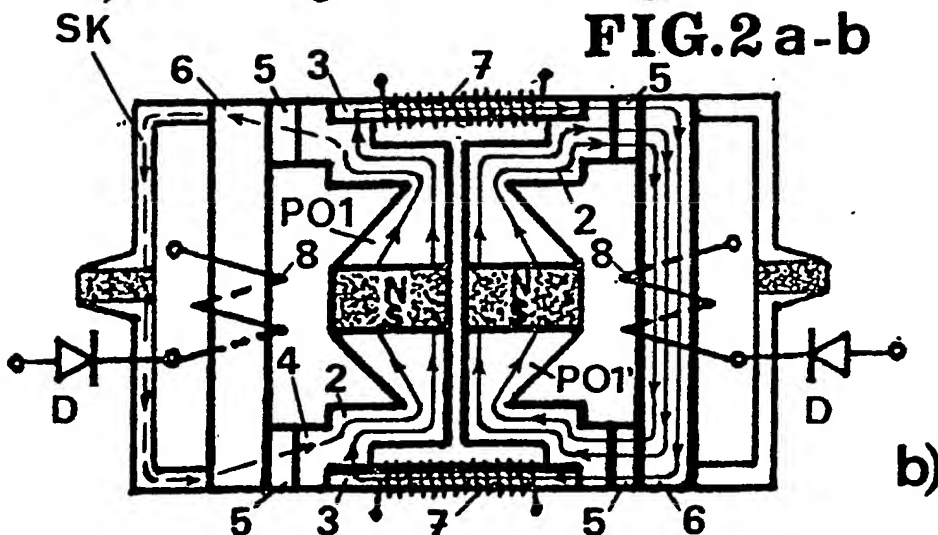
10.) "Magnetokalorische monostabile und bistabile Induktoren, nach Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anlage mit beliebig vielen Induktoren, doppelte Gehäuse-Trennwände (TR) mit Vakuum dazwischen, sowie eine Medienkreislaufpumpe (KP) aufweist, welche das bevorzugt flüssige Kältemittel in einem Kreislauf durch die Schlitze oder Kanäle aneinandergereihter Plättchen-(5, 5') Stapel und einem Wärmetauscher (WT) pumpt. (Fig. 9)



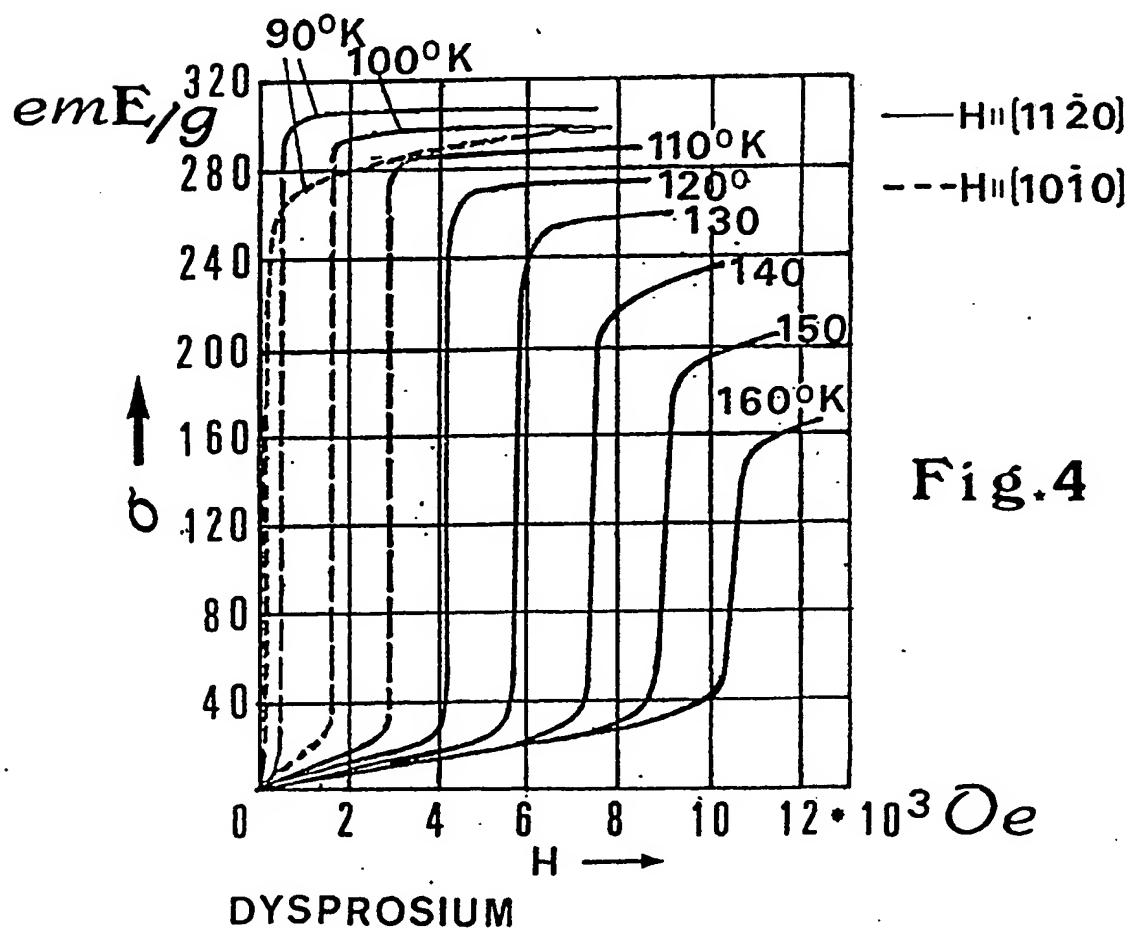
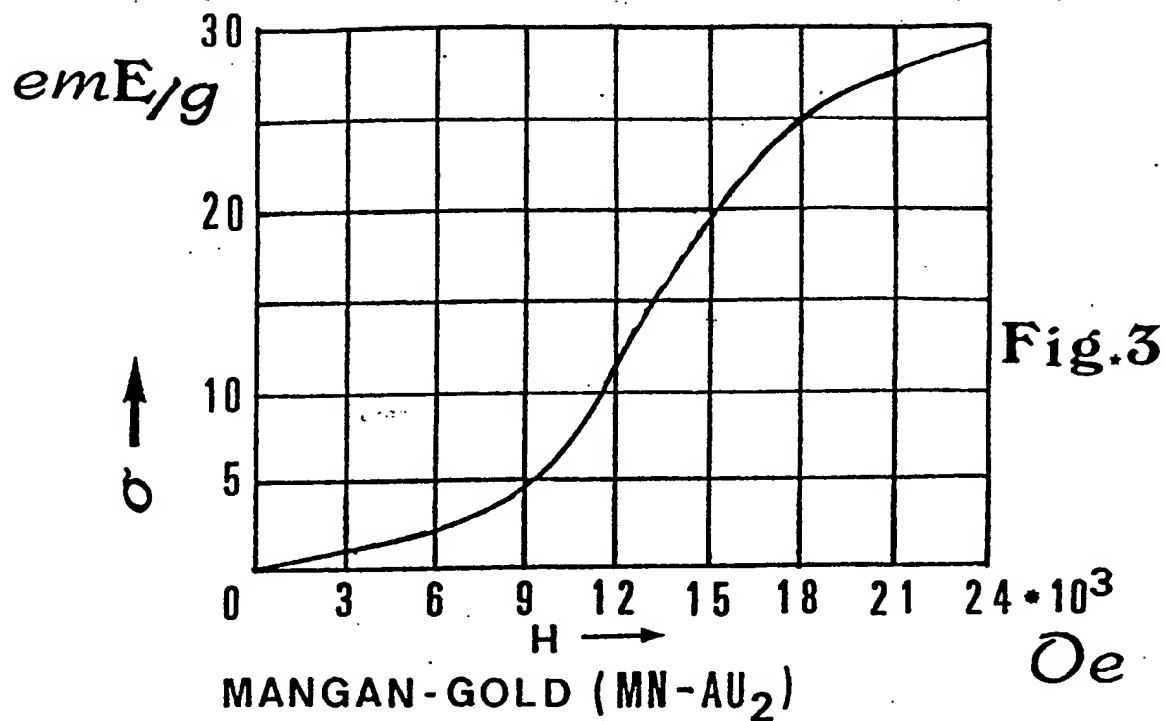
**FIG.1 a-b**



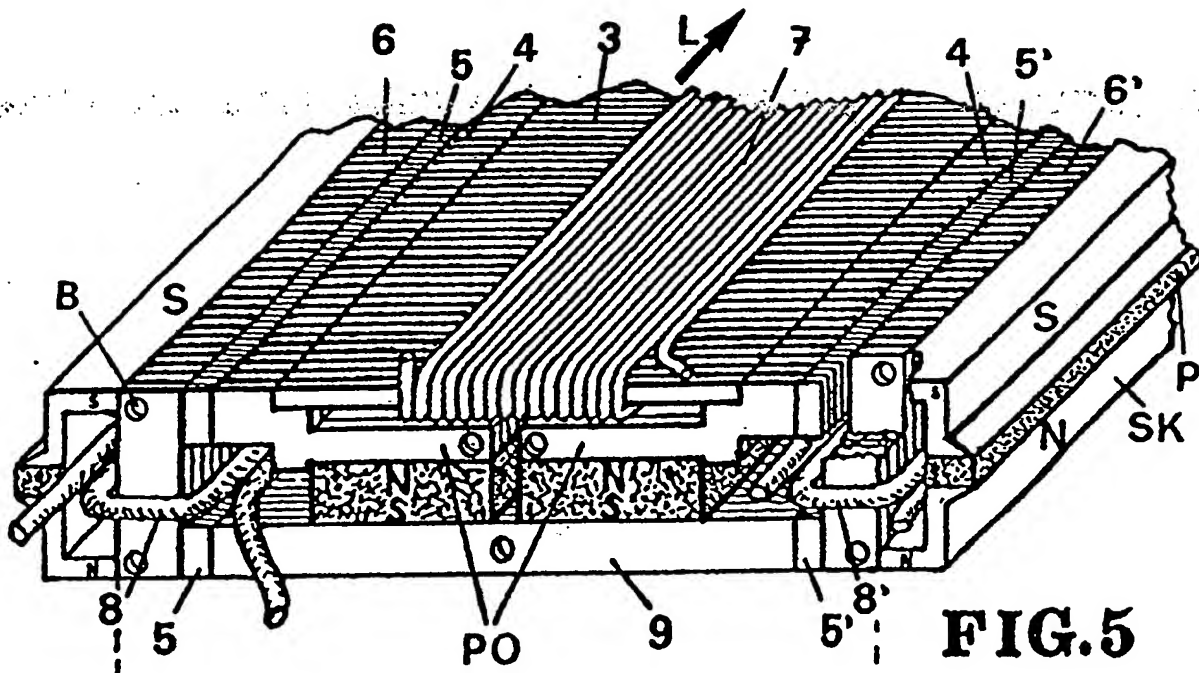
**FIG.2a-b**



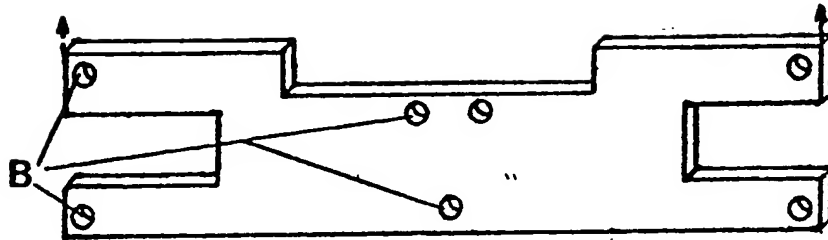




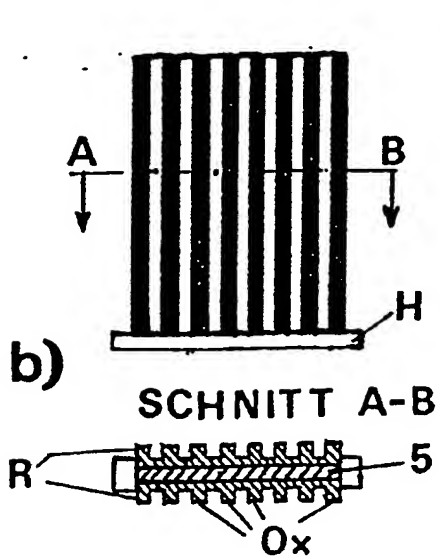




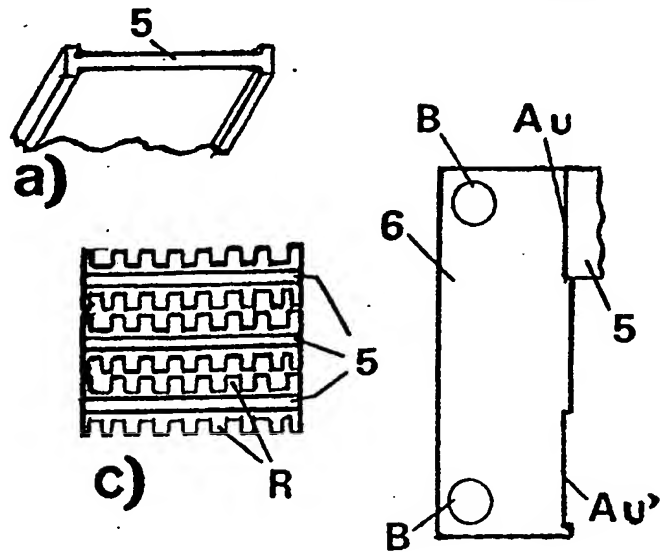
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7a-c**



**FIG. 8**

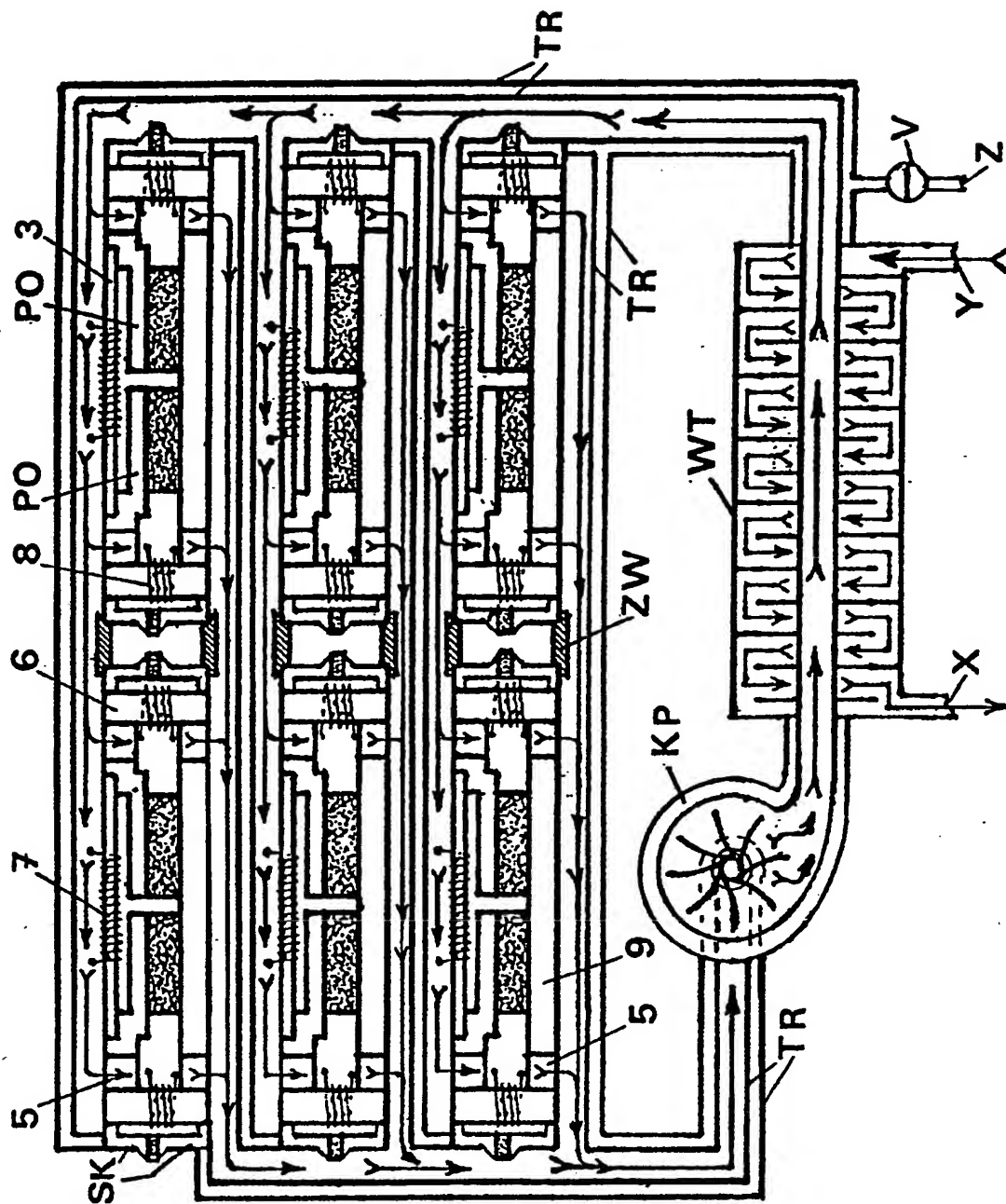
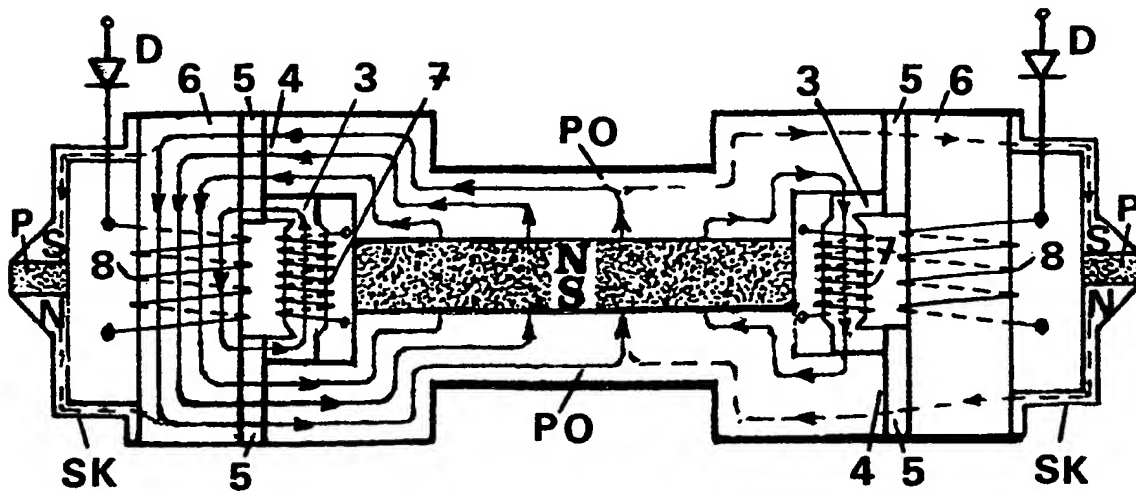
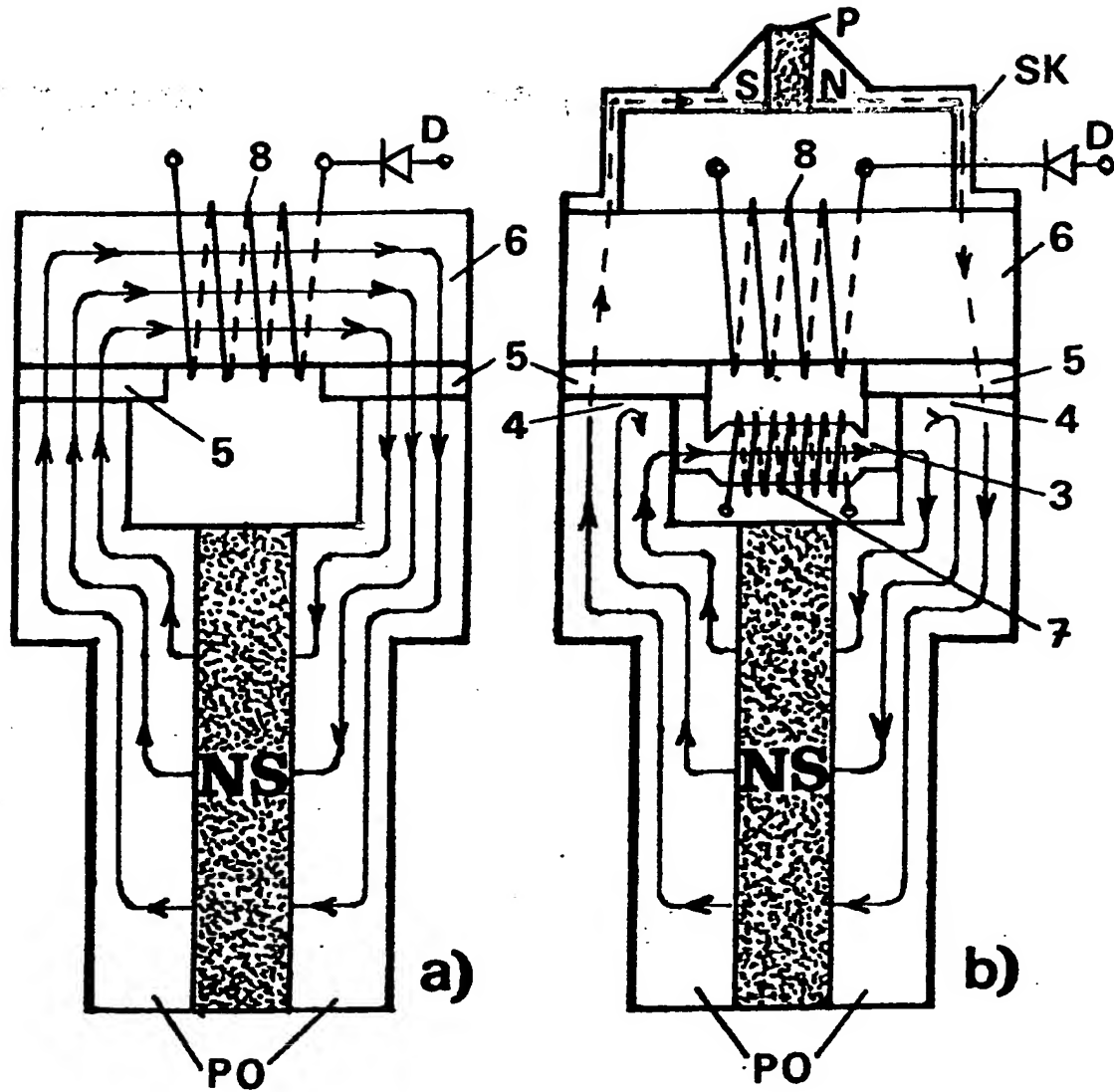


FIG. 9





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Numer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 88111642.0
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
X	DE - A1 - 3 106 520 (BRUNGSBERG) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Seite 4, Zeilen 1-16; Fig. 1,4,5 *	1	H 02 N 11/00
A	FR - A1 - 2 532 489 (GALIMBERTI) * Zusammenfassung; Fig. 1 *	1	
A	GB - A - 1 235 328 (EUROPEAN ATOMIC ENERGY COMMUNITY) * Seite 1, Zeilen 8-21; Fig. 1 *	1	
A	US - A - 3 841 107 (ARTHUR C. CLARK) * Zusammenfassung; Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 55; Fig. 5 *	1	
D,A	ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE PHYSIK, Band 14, April 1962, Berlin/Göttingen/Heidelberg, DE E. VOGT "Metamagnetismus" Seiten 177-182 * Seite 177, Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 2, Zeile 10 *	1,4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4) H 02 N H 01 F H 02 K F 25 B
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 25-10-1988	Prüfer BRUNNER
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : schriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

-2-

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 88111642.0
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
D, A	SOVIET PHYSICS-SOLID STATE, Band 21, Nr. 9, September 1979, Brief Communications 1616(2808)  S.A. NIKITIN et al. "Magneto- caloric effect and magnetic phase transitions in a dy- sprosium single crystal" Seiten 1616, 1617  * Seite 1616, Spalte 1, Zeilen 1-14 *  -----	1,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN	Abschlußdatum der Recherche 25-10-1988	Prüfer BRUNNER	
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, überein- stimmendes Dokument	

PUB-NO: EP000308611A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: EP 308611 A1

TITLE: Magnetocaloric, monostable and bistable generator  
for  
producing electrical power and for producing cold.

PUBN-DATE: March 29, 1989

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
STEPHAN, HANS-WILHELM	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
STEPHAN HANS WILHELM	DE
MUNK HEINZ	DE

APPL-NO: EP88111642

APPL-DATE: July 20, 1988

PRIORITY-DATA: DE03732312A ( September 25, 1987)

INT-CL (IPC): H02N011/00

EUR-CL (EPC): H02N011/00

US-CL-CURRENT: 310/155

## ABSTRACT:

The object of the invention is magnet circuits having small integrated meta-magnetic plates, permanent magnets, dynamo plate cores and coils whose method of operation is similar to electronic monostable multivibrator and flip-flop analog systems.

Figure 10 b shows a magnetic monostable multivibrator. Its magnetic physical switching elements are small monocrystalline meta-magnetic plates 5 which are arranged between the dynamo plate pulse shoes PO of the permanent magnet N-S and the yoke plate core 6 with the induction coil 8.

Each control current pulse through coil 7 electromagnetically initiates a magnetisation jump in the small meta-magnetic plates 5 because their critical threshold field strength is exceeded, in the process of which they switch from the statically preferred anti-ferromagnetic state into the ferromagnetic state, and back again when the control pulse dies away, the yoke core 6 being magnetised and demagnetised again.

The electrical power output of the induction coil 8, during the demagnetisation of its much greater yoke core 6, considerably exceeds the control pulse power for the much smaller control core 3, resulting in a magneto-caloric energy deficit, cooling the small plates 5, which must be compensated for thermally. The diode D prevents an induction coil 8 opposing



field during the magnetisation of the yoke core 6 and the core SK compensates for the anti-ferromagnetic field excess. <IMAGE>

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**